

УДК 378.1

*М. Р. Трунин<sup>1,2</sup>, В. В. Лебедев<sup>1,3</sup>*<sup>1</sup>Московский физико-технический институт (государственный университет)<sup>2</sup>Институт физики твёрдого тела РАН, Черноголовка<sup>3</sup>Институт теоретической физики РАН им. Л. Д. Ландау, Черноголовка

## Развитие научных исследований на факультете общей и прикладной физики МФТИ в Долгопрудном

На факультете общей и прикладной физики (ФОПФ) МФТИ создан международный Научно-Образовательный Центр (НОЦ) «Бионанофизика», научные исследования в котором сконцентрированы на двух прорывных направлениях: молекулярной биофизике и физике наноструктурированных материалов. «Мозговым ядром» НОЦ является факультетско-базовая кафедра физики и технологии наноструктур (ФТН), на которой обучаются около 80 студентов ФОПФ. В работе НОЦ «Бионанофизика» и кафедры ФТН принимают участие ведущие российские специалисты, а также крупные учёные из научных центров Германии, Франции, США, Японии. Лаборатории НОЦ располагаются в Долгопрудном. В лаборатории профессора Киотского университета (Япония) и выпускника ФОПФ К.И. Агладзе изучаются молекулярные процессы в сердечных клетках и методы создания искусственных фрагментов сердечной ткани, которые могут быть использованы как импланты для замены повреждённых участков сердца. В лаборатории профессора Г. Бюльдта — директора Института комплексных систем в Юлихе (Германия), разрабатываются новые методы экспрессии и кристаллизации мембранных белков, что чрезвычайно важно для понимания процессов старения организма, развития в нем тяжёлых заболеваний и разработки методов их лечения. Параллельно с быстрым оснащением лабораторий НОЦ современным оборудованием, студенты и аспиранты кафедры ФТН стажировались в Юлихе, Гренобле, Далласе, Киото, Копенгагене, приобретённые там практические навыки сразу применяются в их исследовательской работе в МФТИ. Успешное развитие НОЦ «Бионанофизика» и кафедры ФТН ФОПФ позволяет надеяться на расширение тематики научных исследований.

**Ключевые слова:** система Физтеха, кафедры ФОПФ, НИУ МФТИ, НОЦ «Бионанофизика» МФТИ, лаборатории К. Агладзе и Г. Бюльдта

12 октября 1955 года был образован «второй» факультет МФТИ, получивший название «Факультет общей и прикладной физики» (ФОПФ). Первым деканом ФОПФ стал известный физик, профессор Габриэль Семёнович Горелик. Тогда факультет имел 4 базовые кафедры. Кафедрой квантовой радиофизики (ФИАН) заведовал академик Г. С. Ландсберг, кафедрой радиофизики (ИРЭ) — член-корреспондент АН СССР С. М. Рытов, кафедрой акустики (Акустический институт) — академик Л. М. Бреховских и кафедрой физики низких температур (ИФП) руководил академик П. Л. Капица.

Шли годы, десятилетия, ФОПФ развивался, отразив в своей эволюции историю страны. В годы расцвета советской фундаментальной и прикладной науки происходило открытие новых кафедр ФОПФ и образование на основе некоторых из них новых факультетов МФТИ. В годы, последовавшие за развалом СССР, отмеченные постепенным закатом отечественной науки и не слишком удачными попытками коммерциализации и модернизации системы образования, ФОПФ испытал постепенное падение уровня обучения и массовый отъезд студентов и выпускников за рубеж. Но неизбежным на протяжении всей 60-летней истории МФТИ оставалось несомненное лидерство ФОПФ, которое поддерживалось усилиями ведущих отечественных учёных и притоком самых одарённых школьников страны. Это позволяло готовить на факультете кадры высшей квалификации в области физико-технических наук даже в самые тяжёлые годы. Торжеством физтеховской системы подготовки является Нобелевская премия по физике 2010 года Андрея Гейма — выпускника кафедры физики твёрдого тела (ФТТ) ФОПФ и его младшего соратника Кости Новосёлова —



Лауреат Нобелевской премии Костя Новосёлов  
и декан ФОПФ Михаил Трунин в МФТИ 1 ноября 2010 года

выпускника ФФКЭ. Оба лауреата начинали свой путь в фундаментальной науке на «базах» МФТИ в Черноголовке: в академических институтах физики твёрдого тела (ИФТТ) и проблем технологии микроэлектроники (ИПТМ). Благодаря своей высокой репутации факультет продолжает притягивать талантливую молодёжь, являясь «абсолютным чемпионом» среди вузов страны по сумме вступительных баллов по физике и математике у поступающих на ФОПФ абитуриентов.

Сегодня ФОПФ готовит специалистов в следующих областях:

- физика конденсированных сред,
- физика элементарных частиц,
- проблемы теоретической физики,
- астрофизика,
- физика и техника низких температур,
- физика высоких энергий,
- оптика и лазерная физика,
- моделирование физических процессов,
- бионанофизика и бионанотехнологии.

В подготовке студентов ФОПФ всегда следовал «системе Физтех», организованной в МФТИ нобелевскими лауреатами П. Л. Капицей, Н. Н. Семёновым и Л. Д. Ландау, которая базируется: а) на интенсивном обучении студентов основополагающим предметам с упором на решение конкретных задач и лабораторные работы в «метрополии» (Долгопрудном) в первые два-три года обучения и б) раннем (у половины кафедр ФОПФ с 4-го семестра) появлении студентов в базовых институтах, где силами базовых кафедр им читаются специальные курсы и где они начинают самостоятельную научную работу под руководством ведущих учёных этих институтов.

Проводниками системы Физтех являются сегодня 12 базовых кафедр ФОПФ: физики элементарных частиц (ИТЭФ); теоретической астрофизики и проблем термоядерного синтеза (ИТЭФ); физики и техники низких температур (ИФП РАН); физики твёрдого тела (ИФТТ РАН, Черноголовка); проблем теоретической физики (ИТФ РАН, Черноголовка); физики взаимодействия излучения с веществом (РНЦ «Курчатовский Институт»); моделирования ядерных процессов и технологий (РНЦ «Курчатовский институт»); проблем квантовой физики (ИЛФ СО РАН); фундаментальных и прикладных проблем физики

микромира (ОИЯИ, Дубна); физики высоких энергий (ИФВЭ, Протвино); квантовой радиофизики (ФИАН); проблем физики и астрофизики (ФИАН). В бакалавриате ФОПФ на этих кафедрах обучаются и студенты целевого набора из Украины (кафедра квантовой электроники, нелинейной оптики и голографии, Институт физики НАНУ).

«Система Физтеха» эффективно работала в советское время, наполняя кадрами высшей квалификации академические и научно-исследовательские институты страны. Например, почти половину (около ста человек) научных сотрудников ИФТТ РАН составляют выпускники 22-й группы ФОПФ. Но с конца 80-х годов базовые организации МФТИ стали испытывать серьёзные трудности, связанные с общим неблагоприятным положением отечественной науки. Базы МФТИ слабели из-за недостаточного финансирования, нехватки современного оборудования и перспектив развития, особенно в житейском, бытовом плане. Этот процесс утраты мирового лидерства некогда мощной советской науки затронул и базовые институты ФОПФ. Поэтому при сохранении в МФТИ сильного преподавательского состава и мощного фундаментального образования на младших курсах реализация второй составляющей системы Физтеха непосредственно в Долгопрудном представлялась одним из путей выхода из кризиса. Тем более что в последние несколько лет, как никогда раньше, в стране возникли условия и возможности государственной поддержки науки в вузах. Так в 2009 году Физтех после победы в конкурсе стал Национальным Исследовательским Университетом (НИУ) РФ, получив на материально-техническое обеспечение исследований в МФТИ около 1,5 млрд руб. в течение 5 лет. ФОПФ активно участвует в реализации первого приоритетного направления развития НИУ МФТИ — «физика и технологии наноструктур, наносистем, наноматериалов и бионанофизика».

В 2008 году деканом ФОПФ был избран Михаил Рюрикович Трунин, заведующий лабораторией электронной кинетики ИФТТ. Одной из приоритетных задач его пятилетней программы стала «организация и проведение фундаментальных и прикладных научных исследований непосредственно в Долгопрудном». Выполнение этой задачи требовало создания нового структурного подразделения и каких-то стартовых средств. В этой связи началось развитие научно-образовательного центра (НОЦ) «Бионанофизика» МФТИ, руководителем которого был назначен декан ФОПФ. А первоначальную финансовую поддержку НОЦ обеспечил выигрыш нескольких грантов Федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России», открытой Министерством образования и науки в 2009 году.

Этому первому успеху предшествовал скрупулёзный анализ перспективных научных направлений в мире, пригодных для развития в МФТИ, и, конечно, подбор исполнителей проектов — ведущих российских и зарубежных учёных. Главными соратниками М. Р. Трунина в деле организации НОЦ «Бионанофизика» стали директор Института теоретической физики имени Ландау член-корреспондент РАН Владимир Валентинович Лебедев, профессор Валентин Иванович Горделий, работавший в то время в Исследовательском центре Юлих (Германия), профессор Ильдар Равильевич Габитов из Аризонского университета (США). Мы решили тогда (в 2008 году), что научно-исследовательская работа НОЦ «Бионанофизика» должна быть сконцентрирована на двух прорывных направлениях: молекулярной биофизике (изучение структуры и молекулярных механизмов функционирования биологических мембран и их компонентов — белков и липидов) и физике наноструктурированных материалов (оптическая и микроволновая спектроскопия метаматериалов, плазмонных наноструктур, электронные и магнитные наноструктуры). Отсюда, кстати, произошло и название НОЦ. Почему именно эти направления стали ключевыми?

Во-первых, в мире эти исследования бурно развиваются, будучи, несомненно, стратегически важными как в фундаментальном, так и прикладном плане.

Во-вторых, оба направления не требуют использования громадных экспериментальных комплексов, как в физике высоких энергий, или сложных низкотемпературных установок, т. е. развёртывание исследований в этих направлениях возможно осуществить в короткие сроки непосредственно в Долгопрудном.

В-третьих, при выборе направлений мы опирались на международные связи и мощный научный задел «команды» привлечённых к работе в НОЦ исследователей, в том числе ведущих иностранных и российских учёных, работающих в ведущих зарубежных лабораториях.

Речь шла о нескольких экспериментальных лабораториях, расположенных непосредственно в МФТИ (Долгопрудном), наполненных самым современным оборудованием, где студенты и аспиранты ФОПФ работают под руководством выдающихся учёных. На первый план выходила задача организации факультетской кафедры, которой на ФОПФ за почти 55-летнюю его историю никогда не было, — все кафедры были базовыми, как правило, при академических институтах. Но в отличие от «стандартной» факультетской кафедры МФТИ, главной задачей которой является обучение студентов факультета по его профильному направлению (факультетский цикл), новая кафедра должна была стать ещё и «мозговым ядром» НОЦ «Бионанофизика», то есть учить и выпускать собственных бакалавров и магистров, подготовленных для научно-исследовательской работы в лабораториях НОЦ в Долгопрудном. Такая кафедра была организована в 2008 году, она получила название кафедры физики и технологии наноструктур (ФТН) ФОПФ, и возглавил её В. В. Лебедев.

Летом того же 2008 года мы набрали на кафедру студентов первого курса, а осенью на кафедре появились и старшекурсники, некоторые из которых перевелись с других факультетов МФТИ. Сейчас на шести курсах кафедры ФТН обучаются около 80 студентов ФОПФ. После первого выпуска магистров в текущем 2011 году семеро поступили в аспирантуру МФТИ и продолжают научную работу в НОЦ. Преподаватели кафедры (около 30 человек) являются ведущими в мире специалистами в выбранных 4 года назад двух направлениях развития. Они читают теоретические курсы и проводят практические занятия для студентов, а также осуществляют научное руководство студентами и аспирантами. В 2011/2012 учебном году значительно возросло количество специальных курсов, читаемых на кафедре, что связано с более ранним (начиная с третьего года обучения) разделением биофизического и нанооптического направлений, сделанным для улучшения качества обучения студентов кафедры ФТН. Кроме того, силами кафедры организованы несколько общефакультетских курсов (электродинамика конденсированных сред, физика стохастических процессов, избранные главы математической физики), чтение которых призвано повысить уровень подготовки студентов ФОПФ.

При НОЦ «Бионанофизика» организован научный семинар, который проходит несколько раз в месяц. На этом семинаре с докладами о своей научной работе выступают как отечественные учёные, так и учёные из-за рубежа. Семинар является площадкой, которая позволяет сотрудникам НОЦ, аспирантам и студентам знакомиться с последними достижениями мировой науки и техники, а также обмениваться мнениями и завязывать научное сотрудничество. Важной особенностью семинара является его открытость, которая позволяет вовлекать в орбиту деятельности НОЦ широкий круг специалистов.

Таким образом, опираясь на лучший мировой опыт, мы попытались реализовать в МФТИ интегрированную научно-образовательную структуру высочайшего научного уровня. С самого начала НОЦ был ориентирован на широкое, в том числе международное, научное сотрудничество, поскольку только включенность в мировую науку может гарантировать успешность как фундаментальных, так и прикладных исследований.

В последнее время весьма успешно развивается биофизическое направление НОЦ «Бионанофизика». Это направление курирует выпускник ФОПФ В. И. Горделий, который в настоящее время возглавляет лабораторию в Институте структурной биологии в исследовательском центре Гренобля (Франция). При НОЦ созданы две современные биофизические лаборатории, которые возглавляют Константин Игоревич Агладзе и Георг Бюльдт. В конце 2010 года заявка от НОЦ под руководством К. И. Агладзе, выпускника ФОПФ и профессора Киотского университета, выиграла в конкурсе мегагрантов Правительства России. В его физтеховской лаборатории «Наноконструирование мембранно-белковых комплексов для контроля физиологии клетки» изучаются процессы, происходящие в сердечных клет-



Заведующий лабораторией МФТИ  
«Наноконструирование мембранно-белковых  
комплексов для контроля физиологии клетки»  
профессор Константин Агладзе



Заведующий лабораторией МФТИ  
«Перспективные исследования  
мембранных белков»  
профессор Георг Бюльдт

ках, разрабатываются методы фотоконтроля активности сердечной мышцы и технологии создания искусственных высокоструктурированных многослойных фрагментов сердечной ткани, которые в перспективе могут быть использованы как импланты для замены повреждённых участков сердца. В начале 2011 года Администрация президента РФ инициировала создание на базе НОЦ «Бионанозифика» МФТИ лаборатории «Перспективные исследования мембранных белков» под руководством профессора Г. Бюльдта — директора Института комплексных систем в исследовательском центре Юлих (Германия). Спонсором проекта выступает инвестиционная группа «ОНЭКСИМ», а основные средства на оборудование поступают из Программы НИУ МФТИ. Лаборатория будет разрабатывать новые методы экспрессии и кристаллизации мембранных белков, изучать их структуру и механизмы функционирования. Эти исследования чрезвычайно важны для понимания процессов старения организма, развития в нём тяжёлых заболеваний и методов их лечения.

Мы активно сотрудничаем с корпорацией РОСНАНО как по линии образовательных проектов, так и в разработке новых типов биодетекторов и бионанослайдов с целью существенного увеличения чувствительности диагностического оборудования американской инновационной компании BiOptix.

К сожалению, не столь успешно обстоят дела со вторым научным направлением, которое условно можно назвать нанооптикой. По этой тематике ведётся большая и плодотворная работа, связанная с теоретическими исследованиями и численным моделированием, которую возглавляет профессор Андрей Карлович Сарычев. В то же время планы по созданию современной лаборатории по оптике композитных материалов до сих пор полностью не реализованы, что связано с недостаточным финансированием. Мы пытаемся компенсировать недостаток экспериментальной базы в Долгопрудном за счёт использования оборудования Института физики твёрдого тела, который является базовой организацией ФОПФ. Группу, которая проводит обучение и осуществляет научное руководство студентами кафедры ФТН в ИФТТ РАН, возглавляет профессор Валерий Владимирович Рязанов. В то же время мы продолжаем активный поиск средств для организации современных лабораторий по физике и оптике наноструктур в Долгопрудном.

Сотрудники НОЦ организовали две международные научные школы для молодёжи: «Оптическая спектроскопия наноматериалов» и «Современные фундаментальные, медицинские и биотехнологические аспекты исследования биологических мембран». У нас имеются очень хорошие связи с ведущими специалистами, работающими в этих направлениях, как в России, так и за рубежом, что позволило привлечь весьма представительный состав лекторов на этих школах.



Участники первой международной Школы для молодёжи «Оптическая спектроскопия наноматериалов» в МФТИ в сентябре 2009 г.

Итак, что же удалось сделать из того, что планировалось?

В деятельности НОЦ «Бионанофизика» и кафедры ФТН ФОПФ принимают участие ведущие российские специалисты, а также наши коллеги (большой частью выпускники Физтеха), которые работают сейчас в лучших зарубежных лабораториях и научных центрах Германии, Франции, США, Японии. Это обеспечивает необходимый высочайший уровень исследовательской работы и преподавания. В работы НОЦ вовлечены студенты, аспиранты и молодые учёные МФТИ. Роль международного сотрудничества в становлении НОЦ огромна, и мы продолжаем укреплять и развивать научно-исследовательское партнёрство с зарубежными Университетами, Институтами, Центрами. Примером могут служить прочные и дружеские связи с Исследовательским центром Юлих, где на протяжении последних нескольких лет во время летних и зимних каникул стажировались и участвуют в работе международных Школ наши студенты. В развитие сотрудничества МФТИ — Юлих в этом году будет организован «Совместный институт бионаносистем», который станет частью НОЦ «Бионанофизика».

По мере оснащения лабораторий НОЦ в МФТИ современным оборудованием, а это происходит достаточно быстро, приобретённые ребятами в Юлихе, Гренобле, Далласе, Киото, Копенгагене практические навыки сразу применяются в их исследовательской работе здесь, в МФТИ. Именно в энтузиазме и интересе наших студентов и аспирантов к науке мы видим залог будущих успехов НОЦ, который будет способен конкурировать и сотрудничать на равных с ведущими научно-исследовательскими лабораториями мира.

Очень важно, что в работе НОЦ активно участвуют молодые талантливые учёные. Среди них штатные сотрудники МФТИ кандидаты наук Алексей Арсенин — заведующий лабораторией нанооптики, Валентин Борщевский — заместитель Г. Бюлдта и Константин Мотовилов — заместитель К. И. Агладзе. Недавно защитивший кандидатскую диссертацию Пётр Воробьёв курирует образовательный процесс, будучи заместителем В. В. Лебедева по кафедре ФТН ФОПФ.

Мы стремимся к созданию на базе НОЦ эффективной системы воспроизводства не только высококвалифицированных специалистов, но и научных знаний, востребованных мировым сообществом. Нам ещё предстоит продемонстрировать уникальные возможности НОЦ — междисциплинарность, сочетание фундаментальных и прикладных исследований, разработки и открытия на «стыке наук», например, создание принципиально новых оптических материалов на основе биологических макромолекул и принципиально новых медицинских приборов на основе метаматериалов.

Успешное развитие НОЦ «Бионанофизика» и кафедры ФТН ФОПФ позволяет нам думать о расширении тематики научных исследований. При этом мы будем ориентироваться как на российские, так и на международные проекты, которые дают возможность привлечения к работе значительных дополнительных ресурсов и оставаться на переднем крае современных научных исследований.

*Поступила в редакцию 27.10.2011*